

6-28-05

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

10/532

12 JAN. 2004

532,641

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION 19 JAN 2004

RECEIVED

WIPO

PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 06 JAN. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

INPI France 0 825 83 85 87

0,15 C TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/3



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 © W / 030103

REMISE DES PIÈCES

DATE

31 JUL 2003

LIEU

75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0309473

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

31 JUL 2003

PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier
(facultatif)

BFF 03P0121

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

CABINET LAVOIX
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 PARIS CEDEX 09

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☐

Demande de certificat d'utilité

☐

4 e Demande divisionnaire

☒

Demande de brevet initiale

N° 02 13326

Date 24 10 2002

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date

Transformation d'une demande de

brevet européen Demande de brevet initiale

☐

N°

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Antenne à matériau BIP multi-faisceaux.

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale ☐ Personne physique

Nom

ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile

ou

siège

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.)

3, rue Michel Ange

75016 PARIS

FRANCE

Française

N° de télécopie (facultatif)

☒ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2^{ème} page



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 2 / 3.

BR/SUITE

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE 31 JUIL 2003

LIEU 75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT 0309473

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 W / 010702

Vos références pour ce dossier *(facultatif)*

BFF 03P0121

☒ DÉCLARATION DE PRIORITÉ
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date N°

Pays ou organisation

Date N°

Pays ou organisation

Date N°

☒ DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale ☐ Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

775665912

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

2 Place Maurice Quentin

Code postal et ville

75001 PARIS

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone *(facultatif)*

N° de télécopie *(facultatif)*

Adresse électronique *(facultatif)*

☒ DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☐ Personne morale ☐ Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone *(facultatif)*

N° de télécopie *(facultatif)*

Adresse électronique *(facultatif)*



☒ SIGNATURE DU DEMANDEUR
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire)

B. DOMENEGO
n° 00-0500

B. Domenego

VISA DE LA PRÉFECTURE
OU DE L'INPI

G. G. G.

REMISE DES PIÈCES DATE 31 JUIL 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0309473 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu) Nom _____ Prénom _____ Cabinet ou Société _____ N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel _____ Adresse Rue _____ Code postal et ville 75441 PARIS CEDEX 09 Pays FRANCE N° de téléphone (facultatif) 01 53 20 14 20 N° de télécopie (facultatif) 01 48 74 54 56 Adresse électronique (facultatif) brevets@cabinet-lavoix.com		CABINET LAVOIX 2 Place d'Estienne d'Orves	
7 INVENTEUR (S) Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE Établissement immédiat ou établissement différé		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences <input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
B. DOMENEGO n° 00-0500 			

L'invention concerne une antenne multi-faisceaux comportant :

- un matériau BIP (Bande d'Interdiction Photonique) apte à filtrer spatialement et fréquentiellement des ondes électromagnétiques, ce matériau BIP présentant au moins une bande non passante et formant une surface
5 extérieure rayonnante en émission et/ou en réception,
- au moins un défaut de périodicité du matériau BIP de manière à créer au moins une bande passante étroite au sein de ladite au moins une bande non passante de ce matériau BIP, et
- un dispositif d'excitation apte à émettre et/ou recevoir des ondes
10 électromagnétiques à l'intérieur de ladite au moins une bande passante étroite créée par ledit au moins un défaut.

Les antennes multi-faisceaux sont très utilisées dans les applications spatiales et notamment dans des satellites géostationnaires pour émettre vers la surface terrestre et/ou recevoir des informations à partir de la surface
15 terrestre. Elles comportent à cet effet plusieurs éléments rayonnants générant chacune un faisceau d'ondes électromagnétiques espacé des autres faisceaux. Ces éléments rayonnants sont, par exemple, placés à proximité du foyer d'une parabole formant réflecteur de faisceaux d'ondes électromagnétiques, la parabole et l'antenne multi-faisceaux étant logées dans un satellite
20 géostationnaire. La parabole est destinée à diriger chaque faisceau sur une zone correspondante de la surface terrestre. Chaque zone de la surface terrestre éclairée par un faisceau de l'antenne multi-faisceaux est communément appelée une zone de couverture. Ainsi, chaque zone de couverture correspond à un élément rayonnant.

25 Actuellement, les éléments rayonnants utilisés sont connus sous le terme de "cornets" et l'antenne multi-faisceaux équipée de tels cornets est désignée sous le nom d'antenne à cornets. Chaque cornet produit une tache rayonnante sensiblement circulaire formant l'embase d'un faisceau conique rayonné en émission ou en réception. Ces cornets sont disposés les uns à côté
30 des autres de manière à rapprocher le plus possible les taches rayonnantes les unes des autres.

La figure 1A représente schématiquement une antenne multi-faisceaux à cornets en vue de face dans laquelle sept carrés F1 à F7 indiquent

l'encombrement de sept cornets disposés jointivement les uns aux autres. Sept cercles S1 à S7, inscrits chacun dans l'un des carrés F1 à F7, représentent les taches rayonnantes produites par les cornets correspondants. L'antenne de la figure 1A est placée au foyer d'une parabole d'un satellite géostationnaire destinée à émettre des informations sur le territoire français.

La figure 1B représente des zones C1 à C7 de couverture à -3 dB, correspondant chacune à une tache rayonnante de l'antenne de la figure 1A. Le centre de chaque cercle correspond à un point de la surface terrestre où la puissance reçue est maximale. Le pourtour de chaque cercle délimite une zone à l'intérieur de laquelle la puissance reçue sur la surface terrestre est supérieure à la moitié de la puissance maximale reçue au centre du cercle. Bien que les taches rayonnantes S1 à S7 soient pratiquement jointives, celles-ci produisent des zones de couverture à -3 dB disjointes les unes des autres. Les régions situées entre les zones de couverture à -3 dB sont appelées, ici, des trous de réception. Chaque trou de réception correspond donc à une région de la surface terrestre où la puissance reçue est inférieure à la moitié de la puissance maximale reçue. Dans ces trous de réception, la puissance reçue peut s'avérer insuffisante pour qu'un récepteur au sol puisse fonctionner correctement.

Pour résoudre ce problème de trou de réception, il a été proposé de chevaucher entre elles les taches rayonnantes de l'antenne multi-faisceaux. Une vue de face partielle d'une telle antenne multi-faisceaux comportant plusieurs taches rayonnantes se chevauchant est illustrée à la figure 2A. Sur cette figure, seules deux taches rayonnantes SR1 et SR2 ont été représentées. Chaque tache rayonnante est produite à partir de sept sources de rayonnement indépendantes et distinctes les unes des autres. La tache rayonnante SR1 est formée à partir des sources de rayonnement SdR1 à SdR7 disposées jointivement les unes à côtés des autres. Une tache rayonnante SR2 est produite à partir des sources de rayonnement SdR1, SdR2, SdR3 et SdR7 et de sources de rayonnement SdR8 à SdR10. Les sources de rayonnement SdR1 à SdR7 sont propres à travailler à une première fréquence de travail pour créer un premier faisceau d'ondes électromagnétiques sensiblement uniforme à cette première fréquence. Les sources de rayonnement SdR1 à SdR3 et SdR7

à SdR10 sont propres à travailler à une seconde fréquence de travail de manière à créer un second faisceau d'ondes électromagnétiques sensiblement uniforme à cette seconde fréquence de travail. Ainsi, les sources de rayonnement SdR1 à SdR3 et SdR7 sont aptes à travailler simultanément à la première et à la seconde fréquences de travail. La première et la seconde fréquences de travail sont différentes l'une de l'autre de manière à limiter les interférences entre le premier et le second faisceaux produits.

Ainsi, dans une telle antenne multi-faisceaux, des sources de rayonnement, telles que les sources de rayonnement SdR1 à 3, sont utilisées à la fois pour créer la tache rayonnante SR1 et la tache rayonnante SR2, ce qui produit un chevauchement de ces deux taches rayonnantes SR1 et SR2. Une illustration de la disposition des zones de couverture à -3 dB créées par une antenne multi-faisceaux présentant des taches rayonnantes chevauchées est représentée sur la figure 2B. Une telle antenne permet de réduire considérablement les trous de réception, voire même de les faire disparaître. Toutefois, en partie à cause du fait qu'une tache rayonnante est formée à partir de plusieurs sources de rayonnement indépendantes et distinctes les unes des autres, dont au moins certaines sont également utilisées pour d'autres taches rayonnantes, cette antenne multi-faisceaux est plus complexe à commander que les antennes à cornets classiques.

L'invention vise à remédier à cet inconvénient en proposant une antenne multi-faisceaux à taches rayonnantes chevauchées plus simple.

Elle a donc pour objet une antenne telle que définie plus haut, caractérisée :

- en ce que le dispositif d'excitation est apte à travailler simultanément au moins autour d'une première et d'une seconde fréquences de travail distinctes,

- en ce que le dispositif d'excitation comporte un premier et un second éléments d'excitation distincts et indépendants l'un de l'autre, aptes chacun à émettre et/ou à recevoir des ondes électromagnétiques, le premier élément d'excitation étant apte à travailler à la première fréquence de travail et le second élément d'excitation étant apte à travailler à la seconde fréquence de travail,

- en ce que le ou chaque défaut de périodicité du matériau BIP forme une cavité résonante à fuites présentant une hauteur constante dans une direction orthogonale à ladite surface extérieure rayonnante et des dimensions latérales déterminées parallèles à ladite surface extérieure rayonnante ;

5 - en ce que la première et la seconde fréquences de travail sont aptes à exciter le même mode de résonance d'une cavité résonante à fuites, ce mode de résonance s'établissant de façon identique quelles que soient les dimensions latérales de la cavité, de manière à créer sur ladite surface extérieure respectivement une première et une seconde taches rayonnantes,
10 chacune de ces taches rayonnantes représentant l'origine d'un faisceau d'ondes électromagnétiques rayonnées en émission et/ou en réception par l'antenne ;

 - en ce que chacune des taches rayonnantes présente un centre géométrique dont la position est fonction de la position de l'élément d'excitation
15 qui lui donne naissance et dont la surface est supérieure à celle de l'élément rayonnant lui donnant naissance, et

 - en ce que le premier et le second éléments d'excitation sont placés l'un par rapport à l'autre de manière à ce que la première et la seconde taches rayonnantes soient disposées sur la surface extérieure du matériau BIP l'une à
20 côté de l'autre et se chevauchent partiellement.

Dans l'antenne multi-faisceaux décrite ci-dessus, chaque élément d'excitation produit une seule tache rayonnante formant l'embase ou section droite à l'origine d'un faisceau d'ondes électromagnétiques. Ainsi, de ce point de vue là, cette antenne est comparable avec les antennes à cornets
25 conventionnelles où un cornet produit une seule tache rayonnante. La commande de cette antenne est donc similaire à celle d'une antenne à cornets conventionnelle. De plus, les éléments d'excitation sont placés de manière à chevaucher les taches rayonnantes. Cette antenne présente donc les avantages d'une antenne multi-faisceaux à taches rayonnantes chevauchées
30 sans que la complexité de la commande des éléments d'excitation ait été accrue par rapport à celle des antennes multi-faisceaux à cornets.

Suivant d'autres caractéristiques d'une antenne multi-faisceaux conforme à l'invention :

- chaque tache rayonnante est sensiblement circulaire, le centre géométrique correspondant à un maximum de puissance émise et/ou reçue et la périphérie correspondant à une puissance émise et/ou reçue égale à une fraction de la puissance maximale émise et/ou reçue en son centre, et la distance, dans un plan parallèle à la surface extérieure, séparant les centres géométriques des deux éléments d'excitation, est strictement inférieure au rayon de la tache rayonnante produite par le premier élément d'excitation ajouté au rayon de la tache rayonnante produite par le second élément d'excitation,

- le centre géométrique de chaque tache rayonnante est placé sur la ligne orthogonale à ladite surface extérieure rayonnante et passant par le centre géométrique de l'élément d'excitation lui donnant naissance,

- le premier et le second éléments d'excitation sont placés à l'intérieur d'une même cavité,

- la première et la seconde fréquences de travail sont situées à l'intérieur de la même bande passante étroite créée par cette même cavité,

- le premier et le second éléments d'excitation sont placés chacun à l'intérieur de cavités résonantes distinctes, et la première et la seconde fréquences de travail sont aptes à exciter chacune un mode de résonance indépendant des dimensions latérales de leur cavité respective,

- un plan réflecteur de rayonnement électromagnétique associé au matériau BIP, ce plan réflecteur étant déformé de manière à former lesdites cavités distinctes,

- la ou chaque cavité est de forme parallélépipédique.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

- les figures 1A, 1B, 2A et 2B représentent des antennes multi-faisceaux connues ainsi que les zones de couverture résultantes ;

- la figure 3 est une vue en perspective d'une antenne multi-faisceaux conforme à l'invention ;

- la figure 4 est un graphique représentant le coefficient de transmission de l'antenne de la figure 3 ;

- la figure 5 est un graphique représentant le diagramme de rayonnement de l'antenne de la figure 3 ;

- la figure 6 représente un deuxième mode de réalisation d'une antenne multi-faisceaux conforme à l'invention ;

5 - la figure 7 représente le coefficient de transmission de l'antenne de la figure 6 ; et

- la figure 8 représente un troisième mode de réalisation d'une antenne multi-faisceaux conforme à l'invention.

10 - la figure 9 est une illustration d'une antenne semi-cylindrique conforme à l'invention.

La figure 3 représente une antenne multi-faisceaux 4. Cette antenne 4 est formée d'un matériau 20 à bande d'interdiction photonique ou matériau BIP associé à un plan métallique 22 réflecteur d'ondes électromagnétiques.

15 Les matériaux BIP sont connus et la conception d'un matériau BIP tel que le matériau 20 est, par exemple, décrite dans la demande de brevet FR 99 14521. Ainsi, seules les caractéristiques spécifiques de l'antenne 4 par rapport à cet état de la technique seront décrites ici en détail.

20 Il est rappelé qu'un matériau BIP est un matériau qui possède la propriété d'absorber certaines gammes de fréquences, c'est-à-dire d'interdire toute transmission dans lesdites gammes de fréquences précitées. Ces gammes de fréquences forment ce qu'il est appelé ici une bande non passante.

25 Une bande non passante B du matériau 20 est illustrée à la figure 4. Cette figure 4 représente une courbe représentant les variations du coefficient de transmission exprimé en décibels en fonction de la fréquence de l'onde électromagnétique émise ou reçue. Ce coefficient de transmission est représentatif de l'énergie transmise d'un côté du matériau BIP par rapport à l'énergie reçue de l'autre côté. Dans le cas du matériau 20, la bande non passante B ou bande d'absorption B s'étend sensiblement de 7 GHz à 17 GHz.

30 La position et la largeur de cette bande non passante B est uniquement fonction des propriétés et des caractéristiques du matériau BIP.

Le matériau BIP est généralement constitué d'un arrangement périodique de diélectrique de permittivité et/ou de perméabilité variable. Ici, le

matériau 20 est formé à partir de deux lames 30, 32 réalisées dans un premier matériau magnétique tel que de l'alumine et de deux lames 34 et 36 formées dans un second matériau magnétique tel que de l'air. La lame 34 est interposée entre les lames 30 et 32, tandis que la lame 36 est interposée entre la lame 32 et le plan réflecteur 22. La lame 30 est disposée à une extrémité de cet empilement de lames. Elle présente une surface extérieure 38 à l'opposé de sa surface en contact avec la lame 34. Cette surface 38 forme une surface rayonnante en émission et/ou en réception.

De façon connue, l'introduction d'une rupture dans cette périodicité géométrique et/ou radioélectrique, rupture encore appelée défaut, permet d'engendrer un défaut d'absorption et donc la création d'une bande passante étroite au sein de la bande non passante du matériau BIP. Le matériau est, dans ces conditions, désigné par matériau BIP à défauts.

Ici, une rupture de périodicité géométrique est créée en choisissant la hauteur ou épaisseur H de la lame 36 supérieure à celle de la lame 34. De façon connue, et de manière à créer une bande passante étroite E (figure 4) sensiblement au milieu de la bande passante B, cette hauteur H est définie par la relation suivante :

$$H = 0,5 \times \lambda / \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

où :

- λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence médiane f_m de la bande passante E,
- ϵ_r est la permittivité relative de l'air, et
- μ_r est la perméabilité relative de l'air.

Ici, la fréquence médiane f_m est sensiblement égale à 12 GHz.

La lame 36 forme une cavité résonante parallélépipédique à fuites dont la hauteur H est constante et dont les dimensions latérales sont définies par les dimensions latérales du matériau BIP 20 et du réflecteur 22. Ces lames 30 et 32, ainsi que le plan réflecteur 22, sont rectangulaires et de dimensions latérales identiques. Ici, ces dimensions latérales sont choisies de manière à être plusieurs fois plus grandes que le rayon R défini par la formule empirique suivante :

$$G_{dB} = 20 \log \left(\frac{4\pi R^2}{\lambda^2} \right) - 2,5.$$

(1)

où :

- G_{dB} est le gain en décibels souhaité pour l'antenne,
- $\lambda = 2 R$,
- 5 - λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence médiane f_m

A titre d'exemple, pour un gain de 20 dB, le rayon R est sensiblement égal à 2.15λ .

De façon connue, une telle cavité résonante parallélépipédique présente plusieurs familles de fréquences de résonance. Chaque famille de
10 fréquences de résonance est formée par une fréquence fondamentale et ses harmoniques ou multiples entiers de la fréquence fondamentale. Chaque fréquence de résonance d'une même famille excite le même mode de résonance de la cavité. Ces modes de résonance sont connus sous les termes de modes de résonance $TM_0, TM_1, \dots, TM_i, \dots$. Ces modes de résonance sont
15 décrits plus en détail dans le document de F. Cardiol, "Electromagnétisme, traité d'Electricité, d'Electronique et d'Electrotechnique", Ed. Dunod, 1987.

Il est rappelé ici que le mode de résonance TM_0 est susceptible d'être excité par une gamme de fréquences d'excitation voisine d'une fréquence fondamentale f_{m0} . De façon similaire, chaque mode TM_i est susceptible d'être
20 excité par une gamme de fréquences d'excitation voisine d'une fréquence fondamentale f_{mi} . Chaque mode de résonance correspond à un diagramme de rayonnement de l'antenne particulier et à une tache rayonnante en émission et/ou en réception formée sur la surface extérieure 38. La tache rayonnante est ici la zone de la surface extérieure 38 contenant l'ensemble des points où la
25 puissance rayonnée en émission et/ou en réception est supérieure ou égale à la moitié de la puissance maximale rayonnée à partir de cette surface extérieure par l'antenne 4. Chaque tache rayonnante admet un centre géométrique correspondant au point où la puissance rayonnée est sensiblement égale à la puissance rayonnée maximale.

30 Dans le cas du mode de résonance TM_0 , cette tache rayonnante s'inscrit dans un cercle dont le diamètre ϕ est donné par la formule (1). Pour le mode de résonance TM_0 , le diagramme de rayonnement est ici fortement

directif le long d'une direction perpendiculaire à la surface extérieure 38 et passant par le centre géométrique de la tache rayonnante. Le diagramme de rayonnement correspondant au mode de résonance TM_0 est illustré sur la figure 5.

5 Les fréquences f_{mi} sont placées à l'intérieur de la bande passante étroite E.

Finalement, quatre éléments d'excitation 40 à 43 sont placés les uns à côté des autres dans la cavité 36 sur le plan réflecteur 22. Dans l'exemple décrit ici, les centres géométriques de ces éléments d'excitation sont placés
10 aux quatre angles d'un losange dont les dimensions des côtés sont strictement inférieures à $2R$.

Chacun de ces éléments d'excitation est apte à émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique à une fréquence de travail f_{Ti} différente de celle des autres éléments d'excitation. Ici, la fréquence f_{Ti} de chaque élément
15 d'excitation est voisine de f_{m0} de manière à exciter le mode de résonance TM_0 de la cavité 36. Ces éléments d'excitation 40 à 43 sont raccordés à un générateur/récepteur 45 classique de signaux électriques destinés à être transformés par chaque élément d'excitation en une onde électromagnétique et vice-versa.

20 Ces éléments d'excitation sont, par exemple, constitués par un dipôle rayonnant, une fente rayonnant, une sonde plaque ou un patch rayonnants. L'encombrement latéral de chaque élément rayonnant, c'est-à-dire dans un plan parallèle à la surface extérieure 38, est strictement inférieur à la surface de la tache rayonnante à laquelle il donne naissance.

25 Le fonctionnement de l'antenne de la figure 3 va maintenant être décrit.

En émission, l'élément d'excitation 40, activé par le générateur/récepteur 45, émet une onde électromagnétique à une fréquence de travail f_{T0} et excite le mode de résonance TM_0 de la cavité 36. Les autres
30 éléments rayonnants 41 à 43 sont, par exemple, simultanément activés par le générateur/récepteur 45 et font de même respectivement aux fréquences de travail f_{T1} , f_{T2} et f_{T3} .

Il a été découvert que, pour le mode de résonance TM_0 , la tache rayonnante et le diagramme de rayonnement correspondant sont indépendants des dimensions latérales de la cavité 36. En effet, le mode de résonance TM_0 n'est fonction que de l'épaisseur et de la nature des matériaux de chacune des

5 lames 30 à 36 et s'établit indépendamment des dimensions latérales de la cavité 36 lorsque celles-ci sont plusieurs fois supérieures au rayon R défini précédemment. Ainsi, plusieurs modes de résonance TM_0 peuvent s'établir simultanément l'un à côté de l'autre et donc générer simultanément plusieurs taches rayonnantes disposées les unes à côté des autres. C'est ce qui se

10 produit lorsque les éléments d'excitation 40 à 43 excitent, chacun en des points différents de l'espace, le même mode de résonance. Par conséquent, l'excitation par l'élément d'excitation 40 du mode de résonance TM_0 se traduit par l'apparition d'une tache rayonnante 46 sensiblement circulaire et dont le centre géométrique est placé à la verticale du centre géométrique de l'élément

15 40. De façon similaire, l'excitation par les éléments 41 à 43 du mode de résonance TM_0 se traduit par l'apparition, à la verticale du centre géométrique de chacun de ces éléments, respectivement de taches rayonnantes 47 à 49. Le centre géométrique de l'élément 40 étant à une distance strictement inférieure à $2R$ du centre géométrique des éléments 41 et 43, la tache rayonnante 46

20 chevauche en partie les taches rayonnantes 47 et 49 correspondant respectivement aux éléments rayonnants 41 et 43. Pour les mêmes raisons, la tache rayonnante 49 chevauche en partie les taches rayonnantes 46 et 48, la tache rayonnante 48 chevauche en partie les taches rayonnantes 49 et 47 et la tache rayonnante 47 chevauche en partie les taches rayonnantes 46 et 48.

25 Chaque tache rayonnante correspond à l'embase ou section droite à l'origine d'un faisceau d'ondes électromagnétiques rayonné. Ainsi, cette antenne fonctionne de façon similaire aux antennes multi-faisceaux à taches rayonnantes chevauchées connues.

Le fonctionnement de l'antenne en réception, découle de celui décrit

30 en émission. Ainsi, par exemple, si une onde électromagnétique est émise vers la tache rayonnante 46, celle-ci est reçue dans la surface correspondant à la tache 46. Si l'onde reçue est à une fréquence comprise dans la bande passante étroite E , elle n'est pas absorbée par le matériau BIP 20 et elle est reçue par

l'élément d'excitation 40. Chaque onde électromagnétique reçue par un élément d'excitation est transmise sous forme d'un signal électrique au générateur/récepteur 45.

La figure 6 représente une antenne 70 réalisée à partir d'un matériau BIP 72 et d'un réflecteur 74 d'ondes électromagnétiques et la figure 7 l'évolution du coefficient de transmission de cette antenne en fonction de la fréquence.

Le matériau BIP 72 est, par exemple, identique au matériau BIP 20 et présente la même bande non passante B (figure 7). Les lames formant ce matériau BIP déjà décrites en regard de la figure 3 portent les mêmes références numériques.

Le réflecteur 74 est formé, par exemple, à partir du plan réflecteur 22 déformé de manière à diviser la cavité 36 en deux cavités résonantes 76 et 78 de hauteurs différentes. La hauteur constante H_1 de la cavité 76 est déterminée de manière à placer, au sein de la bande non passante B, une bande passante étroite E_1 (figure 7), par exemple, autour de la fréquence de 10 GHz. De façon similaire, la hauteur H_2 de la cavité résonante 78 est déterminée pour placer, au sein de la même bande non passante B, une bande passante étroite E_2 (figure 7), par exemple centrée autour de 14 GHz. Le réflecteur 74 se compose ici de deux demi-plans réflecteurs 80 et 82 disposés en gradins et reliés électriquement l'un à l'autre. Le demi-plan réflecteur 80 est parallèle à la lame 32 et espacé de celle-ci de la hauteur H_1 . Le demi-plan 82 est parallèle à la lame 32 et espacé de celle-ci de la hauteur constante H_2 .

Finalement, un élément d'excitation 84 est disposé dans la cavité 76 et un élément d'excitation 86 est disposé dans la cavité 78. Ces éléments d'excitation 84, 86 sont, par exemple, identiques aux éléments d'excitation 40 à 43 à l'exception du fait que l'élément d'excitation 84 est propre à exciter le mode de résonance TM_0 de la cavité 76, tandis que l'élément d'excitation 86 est propre à exciter le mode de résonance TM_0 de la cavité 78.

Dans ce mode de réalisation, la distance horizontale, c'est-à-dire parallèle à la lame 32, séparant le centre géométrique des éléments d'excitation 84 et 86, est strictement inférieure à la somme des rayons de deux taches rayonnantes produites respectivement par les éléments 84 et 86.

Le fonctionnement de cette antenne 70 est identique à celui de l'antenne de la figure 3. Toutefois, dans ce mode de réalisation, les fréquences de travail des éléments d'excitation 84 et 86 sont situées dans des bandes passantes étroites E_1 , E_2 respectives. Ainsi, contrairement à l'antenne 4 de la figure 3, les fréquences de travail de chacun de ces éléments d'excitation sont
 5 séparées l'une de l'autre par un grand intervalle de fréquence, par exemple, ici, 4 GHz. Dans ce mode de réalisation, les positions des bandes passantes E_1 , E_2 sont choisies de manière à pouvoir utiliser des fréquences de travail imposées.

La figure 8 représente une antenne multi-faisceaux 100. Cette
 10 antenne 100 est similaire à l'antenne 4 à l'exception du fait que le matériau BIP mono-défaut 20 du dispositif rayonnant 4 est remplacé par un matériau BIP 102 à plusieurs défauts. Sur la figure 8, les éléments déjà décrits en regard de la figure 4 portent les mêmes références numériques.

L'antenne 100 est représentée en coupe suivant un plan de coupe
 15 perpendiculaire au plan réflecteur 22 et passant par les éléments d'excitation 41 et 43.

Le matériau BIP 102 comporte deux groupements successifs 104 et 106 de lames réalisées dans un premier matériau diélectrique. Les groupements 104 et 106 sont superposés dans la direction perpendiculaire au
 20 plan réflecteur 22. Chaque groupement 104, 106 est formé, à titre d'exemple non limitatif, respectivement par deux lames 110, 112 et 114, 116 parallèles au plan réflecteur 22. Chaque lame d'un groupement a la même épaisseur que les autres lames de ce même groupement. Dans le cas du groupement 106, chaque lame a une épaisseur $e_2 = \lambda/2$ où λ désigne la longueur d'onde de la
 25 fréquence médiane de la bande étroite créée par les défauts du matériau BIP.

Chaque lame du groupement 104 a une épaisseur $e_1 = \lambda/4$.

Le calcul de ces épaisseurs e_1 et e_2 découle de l'enseignement divulgué dans le brevet français 99 14521 (2 801 428).

Entre chaque lame du matériau BIP 102 à défaut est interposée une
 30 lame en un second matériau diélectrique, tel que de l'air. L'épaisseur de ces lames séparant les lames 110, 112, 114 et 116 est égale à $\lambda/4$.

La première lame 116 est disposée en vis-à-vis du plan réflecteur 22 et séparée de ce plan par une lame en second matériau diélectrique d'épaisseur $\lambda/2$ de manière à former une cavité parallélépipédique résonante à fuites. De préférence, l'épaisseur e_i des lames de matériau diélectrique, 5 consécutive de chaque groupe de lames de matériau diélectrique, est en progression géométrique de raison q dans la direction des groupements 104, 106 successifs.

De plus, dans le mode de réalisation décrit ici, à titre d'exemple non limitatif, le nombre de groupements superposés est égal à 2 afin de ne pas 10 surcharger le dessin, et la raison de progression géométrique est également prise égale à 2. Ces valeurs ne sont pas limitatives.

Cette superposition de groupements de matériau BIP ayant des caractéristiques de perméabilité magnétique, de permittivité diélectrique et d'épaisseur e_i différentes accroît la largeur de la bande passante étroite créée 15 au sein de la même bande non passante du matériau BIP. Ainsi, les fréquences de travail des éléments rayonnants 40 à 43 sont choisies plus espacées les unes des autres que dans le mode de réalisation de la figure 3.

Le fonctionnement de ce dispositif rayonnant 100 découle directement de celui de l'antenne 4.

En variante, le rayonnement émis ou reçu par chaque élément 20 d'excitation est polarisé dans une direction différente de celle utilisée par les éléments d'excitation voisins. Avantageusement, la polarisation de chaque élément d'excitation est orthogonale à celle utilisée par les éléments d'excitation voisins. Ainsi, les interférences et les couplages entre éléments d'excitation 25 voisins sont limités.

En variante, un même élément d'excitation est adapté pour fonctionner successivement ou simultanément à plusieurs fréquences de travail différentes. Un tel élément permet de créer une zone de couverture dans laquelle, par exemple, l'émission et la réception se font à des longueurs d'ondes 30 différentes. Un tel élément d'excitation est également apte à faire de la commutation de fréquence.

REVENDICATIONS

1. Antenne multi-faisceaux comportant :

- un matériau BIP (20, 142, 172) (Bande d'Interdiction Photonique) apte à filtrer spatialement et fréquentiellement des ondes électromagnétiques, ce matériau BIP présentant au moins une bande non passante et formant une surface extérieure (38 ; 158) rayonnante en émission et/ou en réception,
- au moins un défaut (36, 76, 78, 156, 180) de périodicité du matériau BIP de manière à créer au moins une bande passante étroite au sein de ladite au moins une bande non passante de ce matériau BIP, et
- un dispositif d'excitation (40 à 43, 84, 86, 160, 162, 190) apte à émettre et/ou recevoir des ondes électromagnétiques à l'intérieur de ladite au moins une bande passante étroite créée par ledit au moins un défaut, caractérisée en ce que :
 - le dispositif d'excitation est apte à travailler simultanément au moins autour d'une première et d'une seconde fréquences de travail distinctes ;
 - le dispositif d'excitation comporte un premier et un second éléments d'excitation (40 à 43, 84, 86) distincts et indépendants l'un de l'autre, aptes chacun à émettre et/ou à recevoir des ondes électromagnétiques, le premier élément d'excitation étant apte à travailler à la première fréquence de travail et le second élément d'excitation étant apte à travailler à la seconde fréquence de travail ;
 - le ou chaque défaut (36, 76, 78) de périodicité du matériau BIP forme une cavité (36, 76, 78) résonante à fuites présentant une hauteur constante dans une direction orthogonale à ladite surface extérieure rayonnante (38), et des dimensions latérales déterminées parallèles à ladite surface extérieure rayonnante ;
 - la première et la seconde fréquences de travail sont aptes à exciter le même mode de résonance d'une cavité résonante à fuites (36, 76, 78), ce mode de résonance s'établissant de façon identique quelles que soient les dimensions latérales de la cavité, de manière à créer sur ladite surface extérieure respectivement une première et une seconde taches rayonnantes (46 à 49), chacune de ces taches rayonnantes représentant l'origine d'un

faisceau d'ondes électromagnétiques rayonnées en émission et/ou en réception par l'antenne,

- chacune des taches rayonnantes (46 à 49) présente un centre géométrique dont la position est fonction de la position de l'élément d'excitation qui lui donne naissance et dont la surface est supérieure à celle de l'élément rayonnant lui donnant naissance, et

- le premier et le second éléments d'excitation (40 à 43, 84, 86) sont placés l'un par rapport à l'autre de manière à ce que la première et la seconde taches rayonnantes (46 à 49) soient disposées sur la surface extérieure (38) du matériau BIP l'une à côté de l'autre et se chevauchent partiellement.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que :

- chaque tache rayonnante (46 à 49) est sensiblement circulaire, le centre géométrique correspondant à un maximum de puissance émise et/ou reçue et la périphérie correspondant à une puissance émise et/ou reçue égale à une fraction de la puissance maximale émise et/ou reçue en son centre, et

- la distance, dans un plan parallèle à la surface extérieure, séparant les centres géométriques des deux éléments d'excitation (40 à 43, 84, 86), est strictement inférieure au rayon de la tache rayonnante produite par le premier élément d'excitation ajouté au rayon de la tache rayonnante produite par le second élément d'excitation.

3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que le centre géométrique de chaque tache rayonnante (46 à 49) est placé sur la ligne orthogonale à ladite surface extérieure rayonnante (38) et passant par le centre géométrique de l'élément d'excitation (40 à 43) lui donnant naissance.

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le premier et le second éléments d'excitation (40 à 43) sont placés à l'intérieur d'une même cavité (36).

5. Antenne selon la revendication 4, caractérisée en ce que la première et la seconde fréquences de travail sont situées à l'intérieur de la même bande passante étroite créée par cette même cavité (36).

6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le premier et le second éléments d'excitation (84, 86) sont placés chacun à l'intérieur de cavités résonantes distinctes (76, 78), et en

ce que la première et la seconde fréquences de travail sont aptes à exciter chacune un mode de résonance indépendant des dimensions latérales de leur cavité respective.

- 5 7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'elle comporte un plan réflecteur (74) de rayonnement électromagnétique associé au matériau BIP (72), ce plan réflecteur étant déformé de manière à former lesdites cavités distinctes.

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que la ou chaque cavité est de forme parallélépipédique.

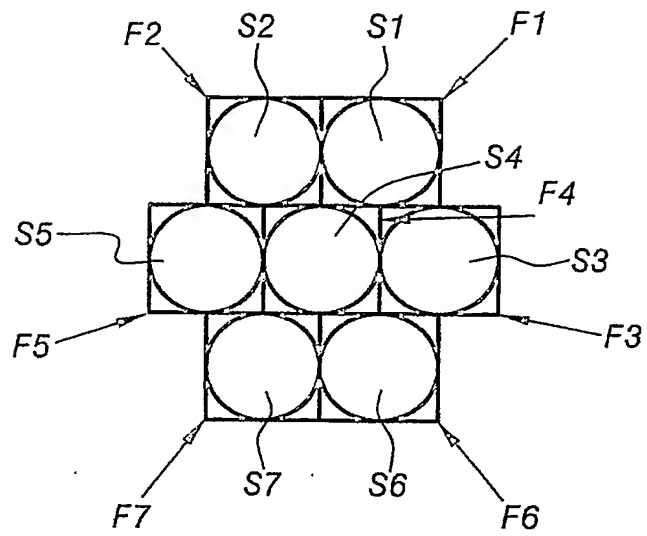


FIG. 1A

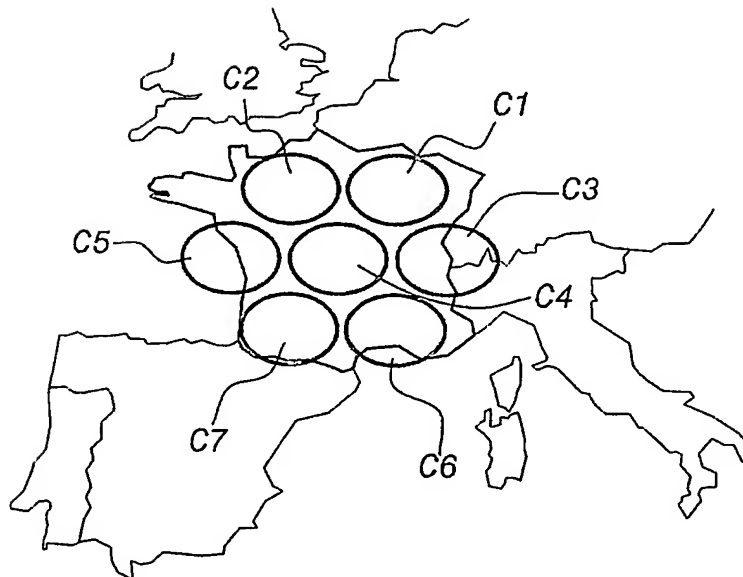


FIG. 1B

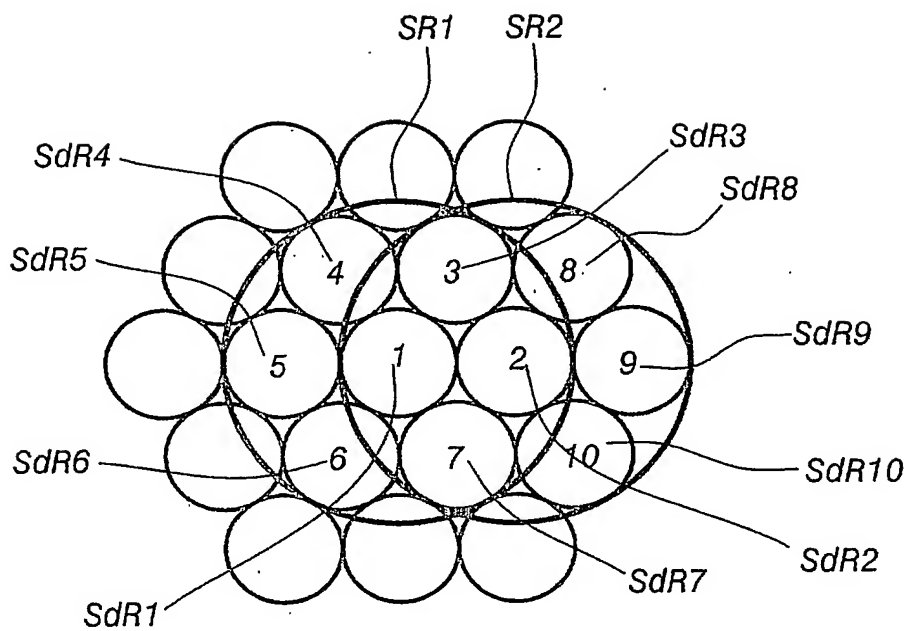


FIG.2A

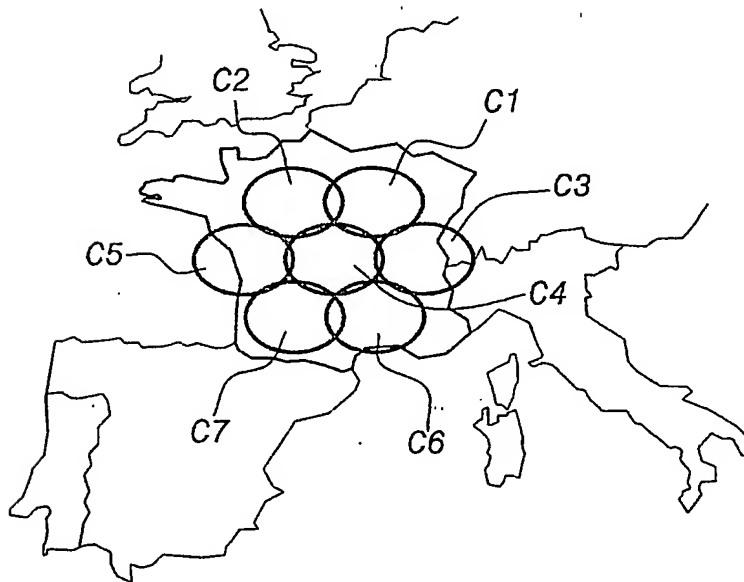


FIG.2B

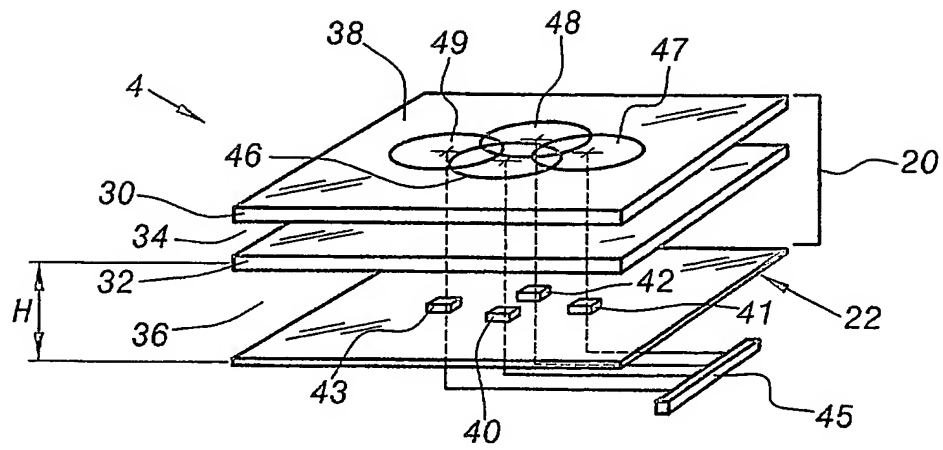


FIG. 3

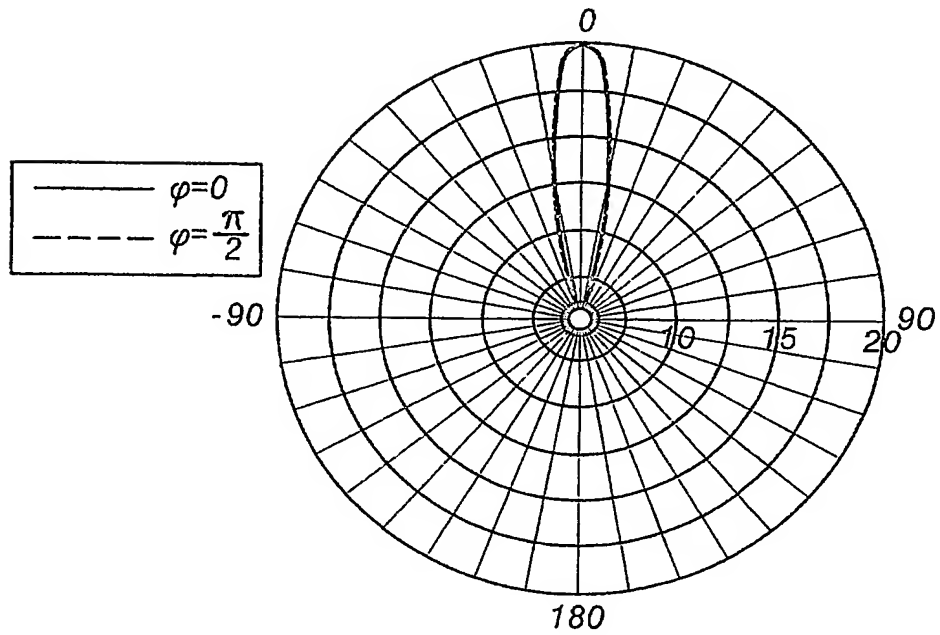
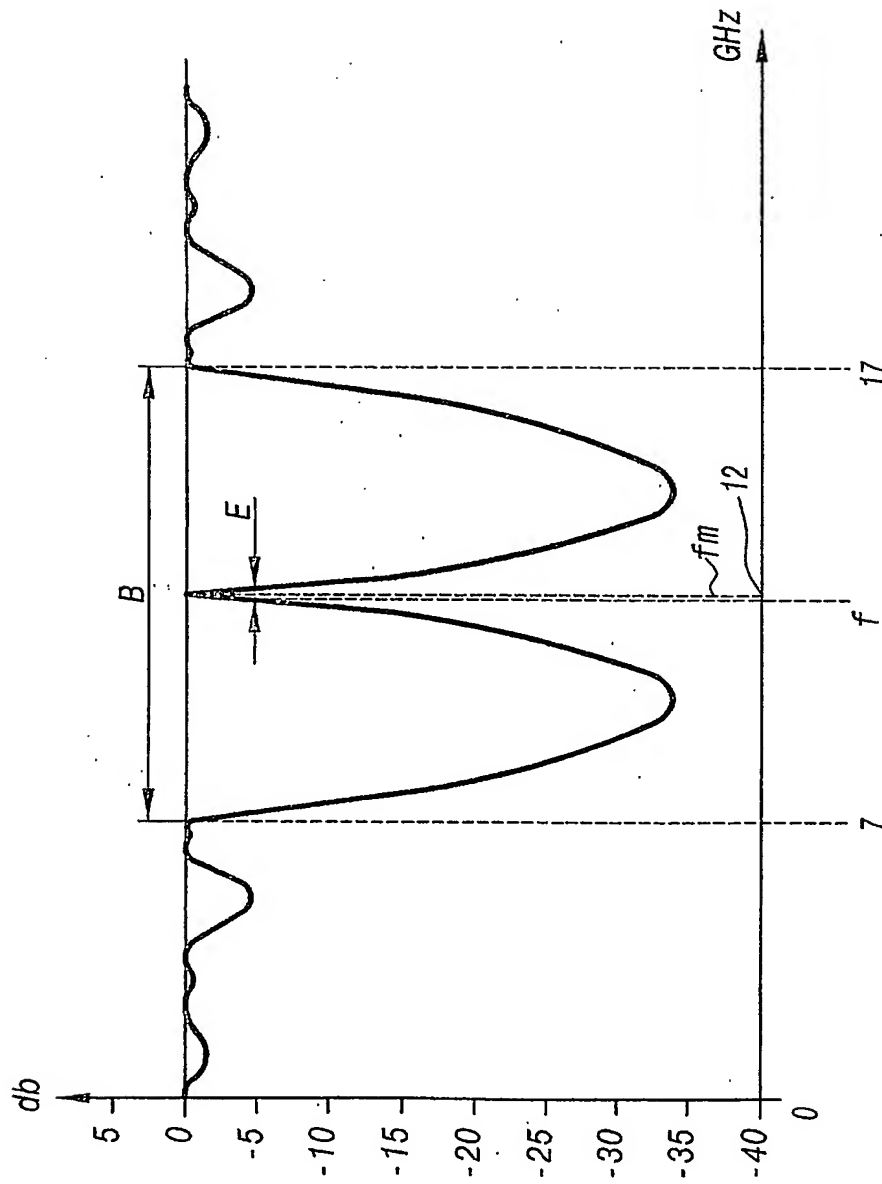
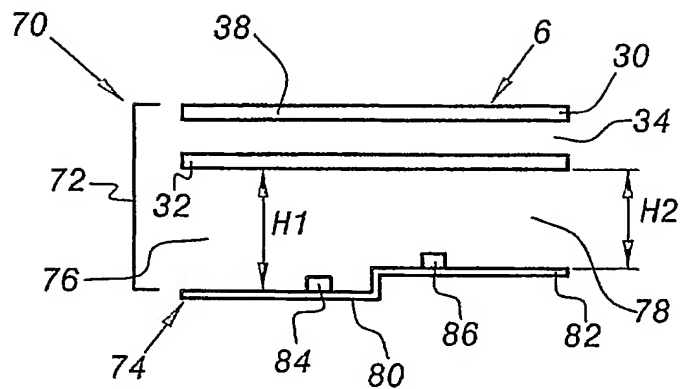
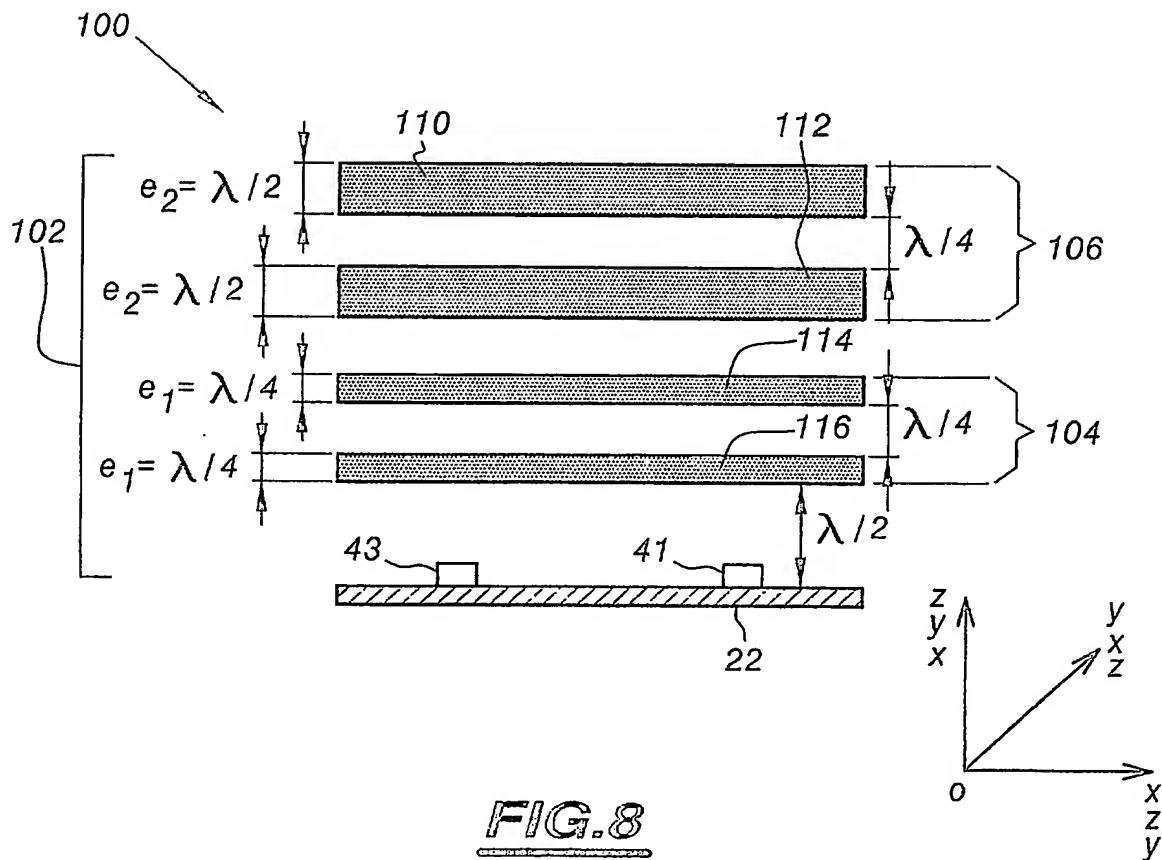
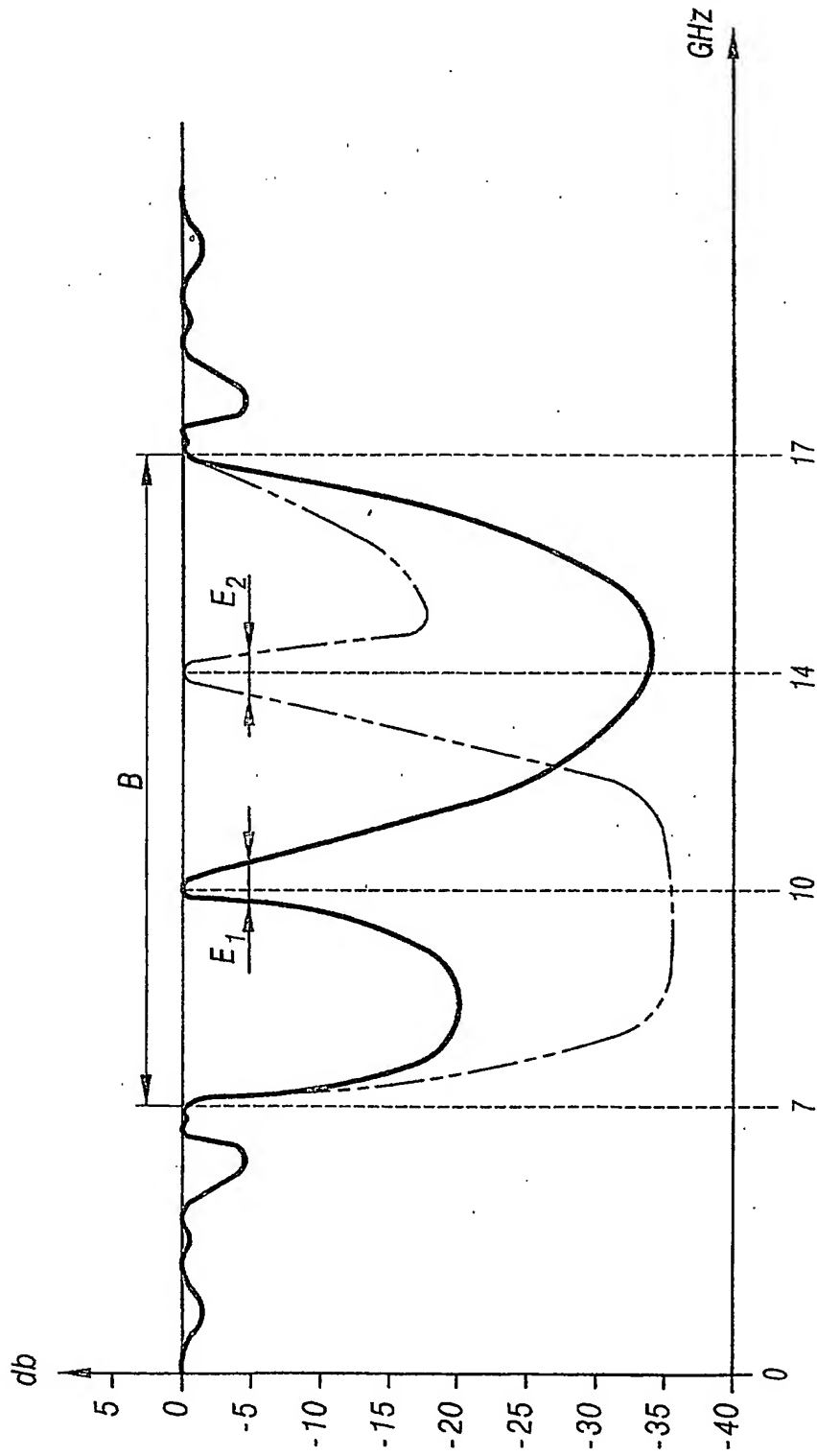


FIG. 5

**FIG.4**

**FIG. 6****FIG. 8**

**FIG.7**

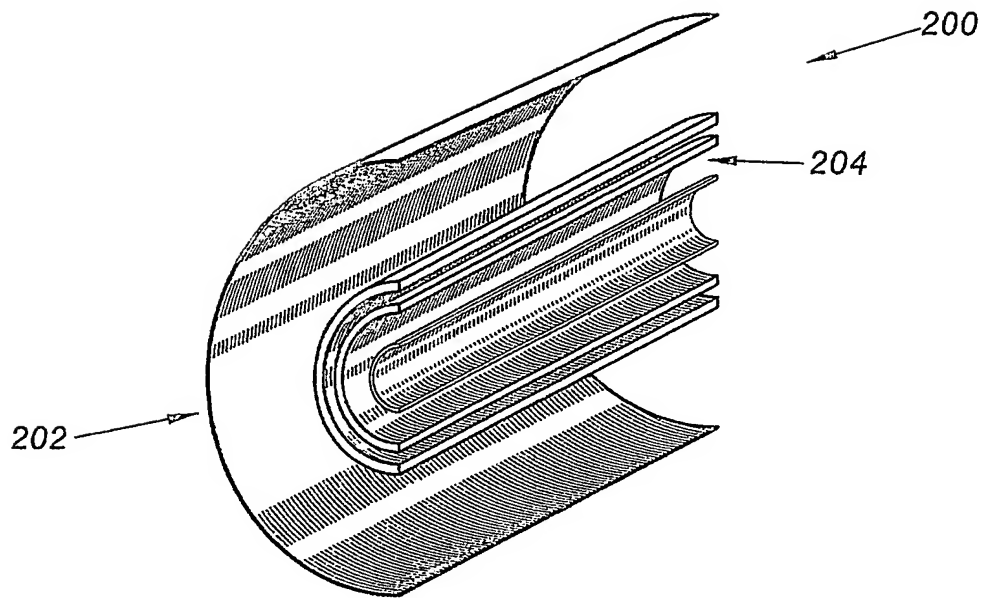


FIG. 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.